

氏名(本籍)	ビンセント ベレンス (フランス)				
学位の種類	博士(工学)				
学位記番号	博甲第6085号				
学位授与年月日	平成24年3月23日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審査研究科	システム情報工学研究科				
学位論文題目	<b>A Declarative Approach for Targets-Drives-Means Based Behavior Control of Cognitive Robots</b> (宣言的手法による Targets-Drives-Means 方式に基づく認知ロボットの行動制御)				
主査	筑波大学教授	工学博士	山海嘉之		
副査	筑波大学教授	工学博士	森田昌彦		
副査	筑波大学教授(連携大学院)	博士(工学)	神徳徹雄 (産業技術総合研究所)		
副査	筑波大学准教授	博士(工学)	田中文英		
副査	筑波大学講師	博士(工学)	鈴木健嗣		

## 論文の内容の要旨

自身の知識と内部表象を利用して行動する認知ロボットにおいては、その行動制御のための適切なソフトウェアシステムが必要不可欠である。近年、ロボットの応用範囲が広がる中、他分野の研究者がこのような認知ロボットを利用する場面が増えて来ている。このような背景の下で、本論文の著者は、実世界で自身のセンサ情報に基づき動作する認知ロボットのための行動制御の実現を目的とし、宣言的手法による Targets-Drives-Means 方式と呼ぶソフトウェアの構成論に関する研究を行ってきた。認知ロボットの行動様式は主に反射型と熟考型の組み合わせからなるが、提案手法はこれらを統合した情報の複合的なやりとりを可能にするとともに、専門家でない使用者が、直感的に所望のロボット動作を行わせることを支援するといった特徴を有している。著者によれば、Targets-Drives-Means 方式とは、行動制御の規範となる Targets、行動を喚起・誘導する Drives、及びその様式である Means を整理し、宣言的手法による記述を可能にするものである。本論文は英文で全8章からなり、これら一連の研究成果が纏められている。以下にその概要と評価を述べる。

第1章は序論で、本研究の位置づけと研究の背景を述べている。

第2章では、用語の説明とともに、従来から現在までの代表的なロボットのためのソフトウェアシステム研究を紹介した後、ソフトウェア及びハードウェアの果たす役割を述べている。

第3章では、認知ロボットの行動制御に関する宣言的手法及び命令的手法の役割を述べるとともに、実世界における複合的な動作の実現における宣言的手法の特徴と優位性を明らかにしている。

第4章では、認知ロボットの行動様式の一つである反射型行動について具体的な内容を説明するとともに、進化論的ロボティクスアプローチに基づき、反射型行動を実現するためのニューラルコントローラの提案を行い、最適化問題の一解法に関する研究成果が述べられている。

第5章では、熟考型行動について具体的な内容を説明し、その例として自律移動ロボットのためのバッテ

り管理に関する新たな手法の提案について研究成果が述べられている。ここでは、リスクと利得に基づく行動原理の複合が引き起こす効果が実験結果と共に述べられている。これらの結果から、提案する行動原理が、自律移動ロボットの知能化の向上にも有効であることを示している。

第6章では、この論文で取り上げる Targets-Drives-Means 方式の行動制御に関する枠組みを明確にし、宣言的手法により、ハードウェア資源、共有メモリ、およびソフトウェアのモジュールを統合する並列分散型の新しいソフトウェアシステムを実装した人間型ロボットの開発と実験について述べている。ここでは、提案手法を詳細に説明し、ロボットによる複数の行動に適用している。

第7章では、提案する Targets-Drives-Means 方式の有効性を評価するため、計算資源に関する定量的評価、及び他のロボットプログラミングの概念と比較した定性的評価を行うとともに、有効性、有用性、記述方法の近接性、及び所用時間に関する一連の被験者実験を行った結果が述べられている。

第8章では、全体としての考察と評価を行い、研究成果のまとめと将来展望を述べている。

## 審査の結果の要旨

本論文は、認知ロボットのための高度な動作制御を実現するため、ソフトウェアシステム設計の原理である TDM 方式を提案するとともに、これを人間型ロボットの行動制御に適用して有効性を示している。また、認知ロボットの行動様式を整理し、ニューラルコントローラに応用可能な反射型行動の実装や、動的に変化する環境に対応する自律移動ロボットのためのバッテリー管理技術といった熟考型行動の提案を行い、実用性を検証している。提案するソフトウェアシステムは、工程に基づき命令的に記述する従来の方式ではなく、情報の共有と複合的動作を実現するための宣言的な記述方式によりロボットの行動制御を実現するものである。ここでは、他のアーキテクチャとの比較に加え、プログラミングを行う使用者の観点からみた評価実験を通じて、提案手法の有用性を明らかにしている。このようなソフトウェアシステムの評価を定量的に行うことは困難であるが、提案手法に一定の効果は確認されており、非専門家によるロボット制御の実現や理解を深めることに寄与するため、ロボットの新しい応用の可能性を拓くものとして評価できる。

これらの成果は、ソフトウェア工学のみならず、人工知能およびロボット工学の発展に資すること大である。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として相応しいものであると認める。

平成24年2月7日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。